

УДК 004.356

О.В. Третяк, студентка гр. ПБ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИСТРОЇ ПРОТОТИПУВАННЯ ТА ПОВНОЦІННОГО 3D-ДРУКУ

Анотація. У статті розглянуто питання вибору принтеру для об'ємного друку. Надано коротку порівняльну характеристику технологій швидкого прототипування фотополімерами, пластмасами, металевими порошками. Розглянуто, у яких сферах застосовуються різні методи 3D-друку та яку приблизну цінову політику мають принтери і витратні матеріали для них.

Ключові слова: прототипування, 3D-друк, 3D-принтер, витратні матеріали, методи 3D-друку.

ВСТУП

Наразі все більшої популярності набирають 3D-принтери. Як для промислового використання, наприклад, виготовлення деталей методом SLM (селективного лазерного плавлення) та DMLS (прямого металевого лазерного спікання), так і для індивідуального – створення прототипів, різних моделей тощо. Для тих, хто тільки починає роботу з 3D-друком важливо знати у скільки обходиться виготовлення деталі чи виробу. Це стосується і витратного матеріалу, і самого 3D-принтера. Проте, в залежності від методу друку необхідно визначитися з видом 3D-принтеру. Екструзійні 3D-принтери використовуються при друці пластмасами (FDM); дротяні – при електронно-променевому плавленні (EBF) майже будь-якими сплавами металів, прямому лазерному спіканні та електронно-променевій плавці (EBM), яка застосовується для титанових сплавів, здебільшого при виготовленні медичних інструментів та протезуванні; порошковий метод застосовується при вибіркового лазерного плавлення (SLM), вибіркового теплового (SHS) та лазерного (SLS) спікання; при ламінуванні (LOM) працюють з папером, металевою фольгою, пластмасовою плівкою; фотополімери знайшли застосунок у полімеризації – стереолітографія (SLA) та цифрова світлодіодна проекція (DLP) [1].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Найбільш популярним та доступним є метод FDM. Для нього є велика кількість витратних матеріалів (табл.1), що використовуються за різних налаштувань самого принтера.

Таблиця 1. Матеріали для 3D-друку метод FDM

Показник Пласт- маса	Швидкість друку, мм/с	Темпера- тура плавлення, °C	Коефіці- єнт подачі пласт- маси	Темпера- тура експлуата- ції, °C	Вартість Ø1,75/кг	Приблизна вартість принтеру
ABS	30-60	240-260	0,85-0,95	-40...+80	350 грн.	7 180 грн.
PLA	30-80	200-220	0,97	-20...+40	540 грн.	
HIPS	30-80	230-245	0,85-0,95	-20...+80	350 грн.	
FLEX	20-40	245-260	1,03	-40...+100	490 грн.	8 100 грн.
RUBBER	10-40	230-240	1,04	-35...+85	1040 грн.	6 900 грн.
WAX	40-60	130-200			2400 грн.	9 950 грн.
Nylon	30-60	240-280	1,25	-30...+120	800 грн.	6 895 грн.
PET	30-80	220-260	0,95	-40...+70	700 грн.	7 500 грн.
SBS	40-60	190-210	0,8	-80...+65	600 грн.	6 690 грн.

Звісно, багато принтерів підтримують друк багатьма матеріалами. Перед друком іншою пластмасою необхідно очистити канал виходу витратних матеріалів, оскільки всі вони мають різну температуру друку. Наприклад, при зміні друку з ABS на WAX необхідно ретельно вичистити сопло, оскільки друк восковмісним WAX проводиться за менших температур і без очищення сопло засмітиться, що може призвести до виходу з ладу друкуючої головки.

У методах 3D-друку, що базуються на явищі полімеризації, використовуються різні смоли; в залежності від температури плавлення, інших налаштувань друкуючої машини – їх вартість сягає 850-1550 грн/л; смоли з температурою плавлення 18-35°C можуть коштувати 3 380 грн за 1,5 кг, а катридж зі смолою фотополімера об'ємом 3л коштуватиме до 10 800 грн. Найдоступніший принтер обійдеться у 8-14 тис. грн. Друк «повільними» смолами методом SLA [2] відбувається за принципом «засвічення по пікселям», тобто один шар матеріалу засвічується точково шляхом фокусування лазерного чи світлового променя. У технології DLP подається світло з проектора з високою інтенсивністю і тут використовуються більш дешевші матеріали. Засвічується повністю шар, тому друк відбувається швидше, ніж SLA, але якість отриманої моделі погіршується.

Як згадано вище, друк металами використовується у промислових масштабах. Більшість технологій, пов'язаних з таким типом виготовлення деталей запатентовані або передані права власності деяким компаніям.

Таблиця 2. Характеристики методів друку металами

<i>Технологія</i>	<i>SLM</i>	<i>DMLS</i>	<i>LMD</i>	<i>FFF</i>	<i>SLS</i>	<i>LC</i>
Вартість принтера	\$140 000	На замовлення	\$250 000	\$69 000	\$120 000	На замовлення
Мінімальна товщина стінки, мкм	150			50	100	
Товщина шару від, мкм	20-75	30-40	20	35	30	20
Швидкість друку мін. шару, см ³ /год	55	100		100		100
Робоча камера, мм	280x280 x365	200x200 x500	600x400 x400	250x183 x150	135x135 x140	800x400 x500
Максимальна вага деталі, кг	150 кг	150 кг		10 кг	150 кг	66 кг
Діаметр плями лазера, мкм	45-75	500		(використ. металевий дріт)	50-80	

SLM та DMLS – два найбільш популярних метода адитивного виробництва з використанням металевих порошків. У число менш поширених технологій входять наплавлення лазером або потужним електронним променем, а також пошарове нанесення зв'язуючого матеріалу. Різниця між SLM (рис.1) та DMLS [3] зводиться до методу об'єднання часток. У SLM лазер розплавляє металевий порошок, а у DMLS часточки порошку нагріваються менше і спікаються між собою не переходячи у рідку фазу. Також використовуються підтримки, не зважаючи на те, що порошок пошарово розподіляється і нікуди не подінеться – залишається в зоні друку до його завершення.

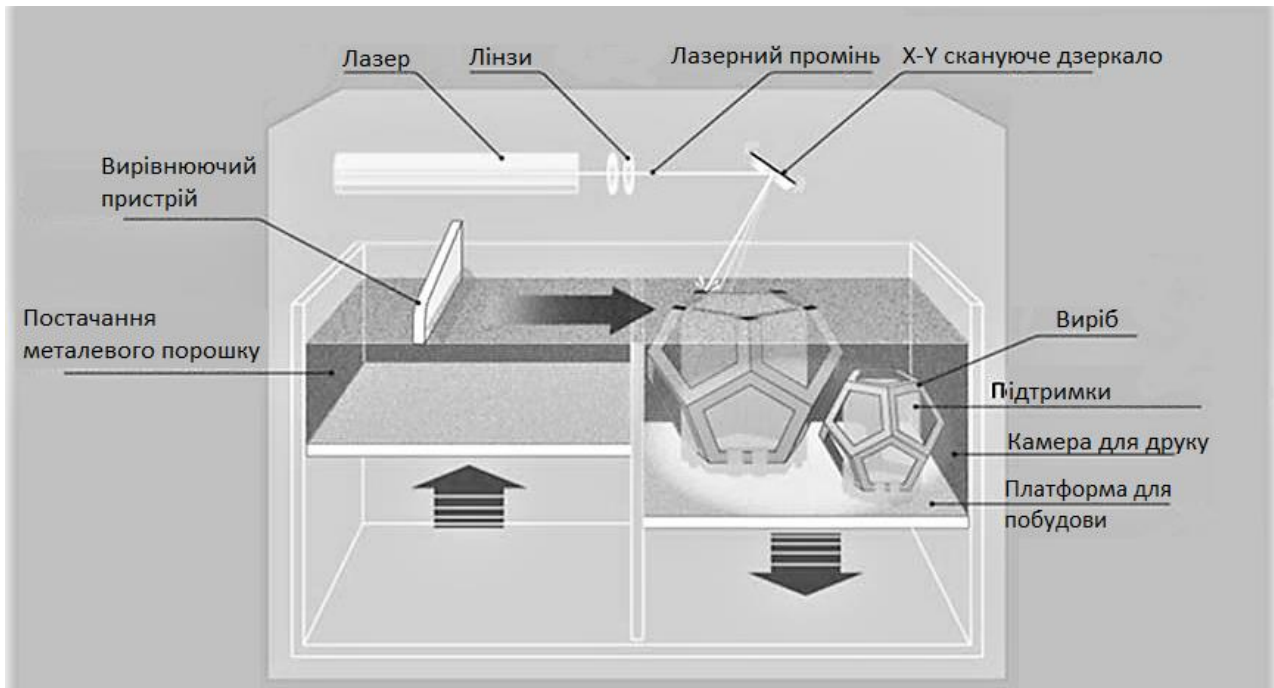


Рисунок 1. Схема процесу друку за SLM технології

Технологія лазерного осадження металів (LMD) – це метод, який частіше використовують при виготовленні деталей та виробів, які спроектовані за допомогою генеративних технологій. Також відомі методи прямого осадження металів (DMD) або плавки лазером (DED). Процес друку наступний: лазер створює на поверхні деталі плавильну ванну. Через сопло автоматично подається металевий порошок. Виникають зварені один з одним валики, структури на наявних основних корпусах або навіть цілі деталі. Дані методи застосовуються в таких галузях, як авіація, космонавтика, енерготехніка, нафтохімічна промисловість, автомобілебудування та медичне обладнання. Наприклад, технологію LMD можна комбінувати з лазерним зварюванням або різкою.

ВИСНОВКИ

Таким чином, на вибір пристрою для об'ємного 3D-друку впливають безліч факторів – витрати на матеріали для друку, технічне обслуговування пристрою, можливість налаштування параметрів, різноманітність використовуваних витратних матеріалів, які підтримуються пристроєм для друку. Друк за технологією FDM отримав зараз найбільшу популярність,

покращується та розвивається. Доступність полімерів є одним з ключових факторів при виборі технології, коли якість поверхні не має значної ролі, оскільки є способи постобробки поверхонь – шліфування наждачним папером, піскоструменева обробка та обробка парами або речовинами, що роз’їдають незначний шар пластмаси, згладжуючи поверхню. Патенти на методи стереолітографії не так давно втратили свою дію. Тож, ці методи успішно використовуються у стоматології, ювелірній справі, для виготовлення різних складних фігур тощо. Наразі значна частина методів друку металами захищена патентами та авторськими правами. Навіть вартість друкуючих машин необхідно уточнювати у виробника; не всі виробники вказують швидкість друку апарату, ціни на витратні матеріали. Про те, успішно друкуються ракетні двигуни, нестандартні деталі, на їх виготовлення витрачається менше часу, постобробка проводиться швидше. Тому доцільно знати орієнтовні фінансові та часові витрати при використанні того чи іншого методу 3D-друку та застосовувані витратні матеріали для обґрунтованого та економічно ефективного вибору методу 3D-друку та відповідного 3D-принтеру на етапах підготовки виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Шкуро, А.Е. «Технологии и материалы 3D-печати» учеб. пособие / А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017 – 101 с.
- [2] Patent 5155324 US, 1323K 26/00 (1992.10) 219/121. (1992.10) Method for selective laser sintering with layerwise cross-scanning / Carl R. Deckard, 1801 Pin Oak La., Round Rock, Tex. 78681; Joseph J. Beaman, 700 Texas Ave., Austin, Tex. 78705; James F. Darrah, 4906 Manchaca, Austin, Tex. 78745 — № 5155324 ; заявл. 09.11.1990 ; опубл. 13.10.1992, Continuation-in-part of Ser. No. 545,142, Jun. 22, 1990. Режим доступу [URL]: <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US5155324.pdf>
- [3] Patent 0288207 US, B22F 3/1055 (2013.01); B22F 2003/1057 (2013.01); B33Y 10/00 (2014.12). (2016.10) Direct metal laser sintering machine / David Evan Gambardella, United Technologies Corporation, Hartford, CT (US — № 2016/0288207 A1; заявл. 06.04.2015; опубл. 13.10.1992, Appl. No.: 14/679,190, Oct. 6, 2016. Режим доступу [URL]: <https://patents.google.com/patent/US20160288207A1/en>

Наук. керівник – к.т.н., доц. Барандич К.С.